

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 FEB 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 05 178.3

**Anmeldetag:** 8. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils  
einer Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 D 41/30

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 9. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Dzierzow

Best Available Copy

5 31.01.2003 WKL/GGA  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer  
Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines  
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die  
Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine  
15 Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils  
einstellbar ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein  
Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des  
Verfahrens sowie eine Brennkraftmaschine mit einem  
derartigen Steuergerät.

20 Stand der Technik

Im Stand der Technik sind Hochdruckeinspritzventile für  
eine Kraftstoffdirekteinspritzung bei Brennkraftmaschinen  
25 grundsätzlich bekannt. Es sind insbesondere auch solche  
Hochdruckeinspritzventile 300 wie in Figur 3 gezeigt  
bekannt, bei denen die Dosierung der in die Brennkammern  
der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge  
nicht nur über die Öffnungsdauer des Ventils, sondern  
30 insbesondere auch durch eine Variation des Hubs der  
Düsennadel 330 möglich ist. Bei diesen Ventilen wird die  
Düsennadel 330 zum Beispiel direkt mit Hilfe eines Piezo-  
Aktuators 320 angesteuert. Derartige Ventile eignen sich  
insbesondere zum Absetzen sehr kurzer Einspritzimpulse und

zum Absetzen von mehreren Einspritzimpulsen während eines Arbeitszyklusses, sogenannte Mehrfacheinspritzung, innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters. Ein Beispiel für eine bei einem derartigen Ventil verwendete Düse ist die nach außen öffnende Düse, die sogenannte A-Düse.

Im Stand der Technik ist der Nadelhub bei den beschriebenen Einspritzventilen, die eine Variation des Düsennadelhubs gestatten, sowohl zu großen wie auch zu kleinen Werten hin für den Ventilhub durch diverse Einschränkungen begrenzt:

So wird der Nadelhub zu großen Werten hin begrenzt durch

- die Möglichkeiten zur Realisierung einer geforderten kleinen Menge, weil die Düsenfläche und der Kraftstoffsystemdruck durch das verwendete Brennverfahren vorgegeben beziehungsweise nur begrenzt variabel sind;
- die Größe der einsetzbaren Piezoaktoren 320 und deren physikalische Eigenschaften wie zum Beispiel deren Hubvermögen, die von ihnen aufzubringenden Kräfte und ihr Beschleunigungsvermögen, et cetera; und durch
- die Leistungsfähigkeit der Steuergeräteendstufe (Verlustleistung, Bauraum).

Demgegenüber wird der Nadelhub für einen Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, das heißt der Nennnadelhub zu kleinen Hubwerten hin, das heißt in Form eines Mindestnadelhubs, begrenzt durch

- die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung.

Durch diesen Mindestnadelhub soll sichergestellt werden, dass es bei einem Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, bei

dem das Einspritzventil überwiegend mit dem Nennhub betrieben wird, nicht zu einem unvollständig schließenden beziehungsweise offen klemmenden Ventil durch Partikel in dem Querschnitt der Einspritzdüse kommt.

5

Die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung ist deswegen besonders wichtig, um die Gefahr eines Benzinschlags zu vermeiden. Ein Benzinschlag entsteht dann, wenn der Querschnitt des Einspritzventils durch

10

Schmutzpartikel blockiert ist, so dass das Einspritzventil nicht mehr vollständig geschlossen werden kann. Es kommt dann zu einer kontinuierlichen Förderung von Kraftstoff in den Zylinder, dessen Einspritzventil eingeklemmt ist. Da Kraftstoff als inkompressibles Medium angesehen werden

15

kann, kommt es zu einer Behinderung oder Blockierung der Kolbenbewegung, wenn die eingespritzte Kraftstoffmenge das Kompressionsvolumen des Zylinders übersteigt. Wenn gleichzeitig jedoch andere Zylinder der Brennkraftmaschine ordnungsgemäß arbeiten, werden von diesen über die

20

Kurbelwelle sehr große Kräfte auf das Pleuel und den Kolben des blockierten Zylinders ausgeübt, was in der Regel zu irreparablen Motorschäden in Form insbesondere eines Bruchs des Pleuels und einer Beschädigung des Zylinders führt.

25

Wie oben ausgeführt, wird durch die Vorgabe des Mindestnadelhubs im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine eine Verschmutzung der Düse durch Schmutzpartikel vermieden.

30

Diese Vorgabe des Mindestnadelhubs gilt jedoch nur für den Nennbetrieb der Brennkraftmaschine. Sie schließt nicht aus, dass zwischen einzelnen Einspritzimpulsen bzw. Hüben der Düsennadel das Einspritzventil auch zeitweise vollständig geschlossen sein muss. Dies gilt insbesondere für Betriebszustände mit geringem Kraftstoffbedarf, wie zum

Beispiel im Leerlauf, wenn über längere Zeitintervalle hinweg die Düsennadel nicht mit Vollhüben wie im Nennbetrieb, sondern lediglich mit Teilhüben angesteuert wird. Bei diesen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine

5 ist dann eine ausreichende Spülwirkung aufgrund der nur Teilhubansteuerung nicht mehr gewährleistet, was die Gefahr einer Verschmutzung der Einspritzdüse stark erhöht und deren Erkennung erschwert.

10 Insbesondere im Leerlaufbetrieb kann auch ein großer zeitlicher Abstand zwischen zwei Einspritzzyklen eines Zylinders liegen. Dies hat zur Folge, dass für die Diagnose des unerwünschten offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel nur relativ wenige Einspritzereignisse zur

15 Verfügung stehen, was die Diagnose dieses Betriebszustandes insgesamt unsicherer macht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, bekannte Verfahren zum Betrieb eines

20 Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bekannte Computerprogramme und Steuergeräte zur Durchführung dieses Verfahrens sowie bekannte Brennkraftmaschinen mit einem derartigen Steuergerät derart weiterzubilden, dass eine Verschmutzung der Düse des Einspritzventils durch Partikel

25 und eine damit verbundene Gefahr eines Benzinschlags insbesondere auch in Betriebszuständen mit geringem Kraftstoffverbrauch leichter erkannt und vermieden wird.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs

30 1 gelöst. Demnach besteht die Lösung insbesondere darin, dass ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bei dem die Dosierung der Kraftstoffmenge neben der Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des

Einspritzventils einstellbar ist, die folgenden Schritte umfasst:

- 5 a) Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise;
- b) Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel des Einspritzventils, insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils durch die Düsennadel zwar nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist; und
- 10 c) Spülen der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubs der Düsennadel zum Beseitigen der Verschmutzung.

15 Vorteile der Erfindung

Vorteilhafterweise werden durch die bei einer derartigen Spülung wirkende große Kraftstoffmenge und den dann  
20 wirkenden großen Druck Schmutzpartikel im Querschnitt des Einspritzventils weggespült. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und kann wieder vollständig geschlossen werden. Der Gefahr eines Benzinschlags wird damit entgegengewirkt. Durch die Spülung der Düse wird  
25 außerdem das ursprüngliche Strahlbild der Düse wieder hergestellt, wenn es zuvor durch die Schmutzpartikel beeinträchtigt war. Die Wiederherstellung des Strahlbildes führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine.

30 Beispielhafte Ausführungen für das Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise und das Erkennen des offen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel sind Gegenstand der Unteransprüche 2 - 4.

Wichtig ist, dass die in diesen Ansprüchen vorgeschlagenen Ausführungsformen auch gleichzeitig durchgeführt werden können. Für das Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes ist es dann ausreichend, wenn eine der in den Ansprüchen 2 - 4 für das Erkennen genannten Bedingungen erfüllt ist.

Es ist vorteilhaft, dass die bei Vollhub im Rahmen einer Spülung geförderte erhöhte Kraftstoffmenge durch eine Verringerung der Ansteuerdauer  $t_i$  kompensiert werden kann.

Wenn das Ventil in einer offenen Stellung klemmt, fließt kontinuierlich Kraftstoff in die Brennkammern der Brennkraftmaschine. Dies hat ein unerwünschtes großes Motordrehmoment zur Folge. Vorteilhafte Abhilfen für das Auftreten dieses unerwünschten Mehrmomentes sind Gegenstand der Unteransprüche 6 - 8.

Für den Abbau von Kraftstoffmehrmengen und um Fehlauflösungen einer Spülung gemäß Schritt c) zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmte Zeitdauer gesperrt ist, bevor er wieder erneut freigegeben wird.

Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie durch eine Brennkraftmaschine mit einem derartigen Steuergerät gelöst. Die Vorteile für diese Lösungen entsprechen den oben mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Vorteilen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Form von verschiedenen

Ausführungsbeispielen detailliert und unter Bezugnahme auf die der Beschreibung beigefügten drei Figuren näher beschrieben, wobei

5    Figur 1    das Verfahren zum Betreiben eines  
                 Einspritzventils einer Brennkraftmaschine gemäß  
                 der Erfindung;

10    Figur 2    eine Brennkraftmaschine mit zugeordneter  
                 Ventileinspritzung gemäß der Erfindung; und

          Figur 3    ein Einspritzventil mit Variation des Hubs der  
                 Düsennadel gemäß dem Stand der Technik

15    zeigt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

20    Das Verfahren gemäß der Erfindung dient dazu, insbesondere  
         während Betriebszuständen mit nur geringem  
         Kraftstoffbedarf, wie zum Beispiel dem Leerlauf, eine  
         Verschmutzung der Düse 310 des Einspritzventils 300 zu  
         vermeiden.

25    Für diesen Zweck sieht das Verfahren gemäß einem Schritt  
         Sa) eine Überwachung der Brennkraftmaschine auf  
         ordnungsgemäße Funktionsweise hin vor. Diese Überwachung  
         kann erfindungsgemäß auf viererlei Weise erfolgen.

30    Zum einen kann diese Überwachung darin bestehen, dass das  
         Luft-Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine auf eine  
         Anfettung hin überwacht wird, siehe Verfahrensschritt Sa1.  
         Eine Anfettung des Kraftstoffgemisches wird typischerweise  
         durch eine Reduktion des Lambda-Wertes bei dem betreffenden



Zylinder festgestellt.

Eine zweite Möglichkeit der Überwachung der Brennkraftmaschine besteht darin, sie oder einzelne ihrer Zylinder auf Aussetzer hin zu überwachen, wie dies in Verfahrensschritt Sa2 vorgeschlagen wird. Dabei wird unter Aussetzer das Aussetzen einer Verbrennung während eines Zündzyklusses verstanden.

10 Drittens kann die Überwachung der ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine auch durch eine Überwachung des Druckes in einem der Brennkraftmaschine zugeordneten Kraftstoffspeicher 110 erfolgen. Wenn dieser Druck abfällt, ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der Brennkraftmaschine gefährdet (Sa3).

Schließlich besteht eine vierte Überwachungsmöglichkeit darin, einzelne Zylinder der Brennkraftmaschine auf Drehmomenterhöhungen oder auf Drehmomentungleichförmigkeiten hin zu beobachten (Verfahrensschritt Sa4).

Alle vier genannten Überwachungsmöglichkeiten gemäß der Verfahrensschritte Sa1, Sa2, Sa3 und Sa4 können entweder nur alleine oder aber in beliebiger Kombination durchgeführt werden. In Anspielung auf die möglichen Kombinationen weisen einige Ansprüche die Formulierungen: "- gegebenenfalls zusätzlich -" und "- gegebenenfalls auch -" auf.

30

Die Überwachung der Brennkraftmaschine macht im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur dann Sinn, wenn die bei der Überwachung gewonnenen Erkenntnisse auch im Hinblick auf einen unerwünschten und zu erkennenden offen klemmenden

Betriebszustand der Düsenadel 330 des Einspritzventils 300 ausgewertet werden. Diese Auswertung richtet sich, wie in Figur 1 dargestellt, nach der zuvor in Schritt Sa) durchgeführten Überwachung der Brennkraftmaschine. So wird gemäß einem Verfahrensschritt Sb1 für den Fall, dass das Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa1 auf eine Anfettung hin untersucht wurde, ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel dann festgestellt, wenn die Anfettung des Kraftstoffgemisches größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert ist oder wenn der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist. Gleichmaßen wird bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa2 auf Aussetzer hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel gemäß Verfahrensschritt Sb2 dann erkannt, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt. Bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa3 wird auf einen Druckabfall im Kraftstoffspeicher 110 hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel 330 gemäß Verfahrensschritt Sb3 dann erkannt, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher 110 unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 110 um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Sollruckverlauf abweicht. Schließlich lassen, bei einer Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa4, bei Schichtbetrieb festgestellte Drehmomenterhöhungen oder -ungleichförmigkeiten auf ein nicht vollständig schließendes Ventil, das heißt auf einen offen klemmenden Betriebszustand der Düsenadel 330 schließen, wenn die festgestellten Drehmomenterhöhungen oder -

ungleichförmigkeiten einen vorgegebenen Schwellenwert überschreiten.

- 5 In Verfahrensschritt Sb gemäß Figur 1 wird dann überprüft, ob zumindest gemäß einem der Verfahrensschritte Sb1, Sb2, Sb3 oder Sb4 ein offen klemmender Betriebszustand der Düsennadel 330 erkannt wird. Wenn dem nicht so ist, wird die Überwachung gemäß Verfahrensschritt Sa) fortgesetzt. Wenn jedoch ein offen klemmender Betriebszustand der
- 10 Düsennadel 330 erkannt wird, das heißt wenn festgestellt wird, dass diese nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist, lässt dies auf eine Verschmutzung der Düse 310 durch Partikel schließen. Dieser Rückschluss ist insbesondere dann zulässig, wenn dieser
- 15 offen klemmende Betriebszustand nicht regelmäßig, sondern nur sehr temporär auftritt; dann kann eine unsauber gefertigte Oberfläche 310 der Düse als Ursache für den offen klemmenden Betriebszustand ausgeschlossen werden.
- 20 Für den Fall, dass in Verfahrensschritt Sb) eine Verschmutzung des Querschnitts der Düse 310 erkannt worden ist, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, gemäß Verfahrensschritt Sc eine Spülung der Düse 310 mit
- 25 Kraftstoff durchzuführen, wobei der Hub der Düsennadel 330 auf einen im Wesentlichen maximalen Wert eingestellt wird. Es fließt dann eine besonders große Kraftstoffmenge mit großem Druck durch die Düse des Einspritzventils, wodurch die unerwünschten Schmutzpartikel weggeschwemmt werden. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und lässt
- 30 sich wieder ordnungsgemäß schließen, was dann in einer ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine resultiert.

Aufgrund der Einstellung des maximalen Hubs der Düsennadel

während des Spülvorganges in Verfahrensschritt Sc) (Spülhub) wird eine besonders große Kraftstoffmenge in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespeist. Diese Kraftstoffmenge kann durchaus wesentlich größer sein als  
5 eine Nennkraftstoffmenge, wie sie im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine benötigt wird. Diese Mehrmenge an Kraftstoff hat unter Umständen ein erhöhtes Drehmoment der Brennkraftmaschine zur Folge. Wenn dieses erhöhte Drehmoment nicht erwünscht ist, empfiehlt das  
10 erfindungsgemäße Verfahren gemäß Figur 1 verschiedene Maßnahmen, um dem Auftreten dieses erhöhten Drehmomentes entgegenzuwirken.

Dafür muss zunächst in Verfahrensschritt Sd) festgestellt  
15 werden, ob überhaupt ein erhöhtes Drehmoment vorliegt. Wenn dem so ist, besteht gemäß Verfahrensschritt Sd1) eine erste Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, darin, während der Durchführung der Spülung  
20 gemäß Verfahrensschritt Sc) die Ansteuerdauer  $t_i$ , während derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit zu verringern, dass die durch das Einspritzventil in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert  
25 nicht überschreitet. Alternativ dazu besteht eine zweite Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, gemäß einem Verfahrensschritt Sd2) darin, dass während der Durchführung der Spülung gemäß  
Verfahrensschritt c) künstlich ein Aussetzer bei der Zündung desjenigen Zylinders erzeugt wird, bei dem der  
30 unerwünschte offen klemmende Betriebszustand der Düsenadel 330 festgestellt wurde. Dieser Aussetzer kann künstlich dadurch erzeugt werden, dass der Zündzeitpunkt so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoff-Gemisch nicht mehr entflammbar ist beziehungsweise der

Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist.

Zwei weitere Maßnahmen, um das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, hängen von der Betriebsart der Brennkraftmaschine ab.

Wenn in einem Verfahrensschritt Sd') festgestellt wird, dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten Homogenbetrieb arbeitet, das heißt, dass es zu geringen Drehmomenterhöhungen entsprechend der Lambda-Wirkungsgradkurve kommt, besteht die Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine dadurch konstant zu halten, dass während der Spülung die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Verfahrensschritt Sd3):

$$\eta_{zw} = (M_{d\_soll} / M_{i\_opt}) \cdot (1/\eta_{\lambda}),$$

mit  $\eta_{\lambda} = f(\lambda)$ ,  $\lambda = r_l / r_{k\_soll}$ ; und

$$r_{k\_soll} = f(\text{Spülhub})$$

wobei

$\eta_{zw}$  den Zündwinkelwirkungsgrad;

$M_{d\_soll}$  den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);

$M_{i\_opt}$  das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);

$\eta_{\lambda}$  den  $\lambda$ -Wirkungsgrad;

$r_l$  die Luftmasse; und

rk\_soll den Sollwert für die Kraftstoffmasse repräsentiert.

Wird jedoch in Verfahrensschritt Sd' festgestellt, dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten Schichtbetrieb betrieben wird, dann bedeutet dies, dass generell ein Luftüberschuss besteht. Dies hat zur Folge, dass geringe bis große Drehmomenterhöhungen je nach aktuellem Betriebspunkt auf der Lambda-Wirkungskurve erzeugt werden, vorausgesetzt, dass das Gemisch entflammbar ist. Im Fall des Schichtbetriebes lässt sich das Drehmoment dadurch konstant halten, dass vor oder nach der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) zumindest einzelne Einspritzimpulse, die normalerweise während eines Mehrfacheinspritzzyklusses vorgesehen sind, nicht mehr durchgeführt werden.

Wird die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb betrieben und wird ein offen klemmendes Einspritzventil erkannt, so sollte in den Homogenbetrieb gewechselt werden, da in diesem eine Drehmomentbegrenzung durch Begrenzung der zugeführten Luftmasse erfolgen kann.

Alle gemäß der Verfahrensschritte Sd1), Sd2), Sd3) und Sd4) aufgezeigten Ansätze bewirken eine Begrenzung der den Brennkammern der Brennkraftmaschine 100 zugeführten Kraftstoffmenge, obwohl das Einspritzventil bei Betrieb mit Spülhub maximal geöffnet ist.

Unabhängig davon, welche Variante zur Konstanthaltung des Drehmomentes verwendet wird, empfiehlt es sich, nach einer durchgeführten Spülung eine Pause von vorbestimmter Zeitdauer einzulegen, bevor eine erneute Spülung durchgeführt werden kann; siehe Schritt Se). Auf diese Weise werden Fehlauflösungen des erfindungsgemäßen

Verfahrens und insbesondere der Spülung gemäß Schritt Sc) vermieden.

5 31.01.2003 WKL/GGA  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge neben einer Variation der Einspritzzeit  
15 auch durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) einstellbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

a) Überwachen der Brennkraftmaschine (100) auf ordnungsgemäße Funktionsweise (Sa);

20 b) Erkennen eines offenen klemmenden Betriebszustandes der Düsennadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils (120) durch die Düsennadel zwar  
25 nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist (Sb); und

30 c) Durchführen einer Spülung der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubes der Düsennadel zum Beseitigen der Verschmutzung (Sc).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Brennkraftmaschine (100) auf eine



Anfettung hin überwacht wird (Sa1) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand dann erkannt wird, wenn die Anfettung größer als ein vorgegebbarer Anfettungsschwellenwert oder der Gradient der Anfettung größer als ein vorgegebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist (Sb1).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - die Brennkraftmaschine (100) oder ein einzelner Zylinder der Brennkraftmaschine (100) auf Aussetzer hin überwacht wird (Sa2) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt (Sb2).

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - der Druck in einem der Brennkraftmaschine (100) zugeordneten Kraftstoffspeicher (110) überwacht wird (Sa3) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher (110) unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher (110) um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht (Sb3).

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) die Ansteuerdauer  $t_i$ , während derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit verringert wird, dass die durch das Einspritzventil (120) in die Brennkammer der Brennkraftmaschine (100)

eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet (Sd1).

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) künstlich ein Aussetzer der Verbrennung bei demjenigen Zylinder erzeugt wird, bei dem der offenklemmende Betriebszustand der Düsennadel festgestellt wurde, indem der Zündzeitpunkt für diesen Zylinder so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer nicht mehr entflammbar bzw. der Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist (Sd2).

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) in einem Homogenbetrieb arbeitet - während der Spülung gemäß Schritt c) die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Sd3):

$$\eta_{zw} = (M_{d\_soll} / M_{i\_opt}) \cdot (1/\eta_{lam}),$$

$$\eta_{lam} = f(\lambda), \lambda = r_l / r_{k\_soll}; \text{ und}$$

$$r_{k\_soll} = f(\text{Spülhub})$$

wobei

$\eta_{zw}$  den Zündwinkelwirkungsgrad;

$M_{d\_soll}$  den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);

25  $M_{i\_opt}$  das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);

$\eta_{lam}$  den  $\lambda$ -Wirkungsgrad;

rl            die Luftmasse; und  
rk\_soll    den Sollwert für die Kraftstoffmasse  
repräsentiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) im Schichtbetrieb arbeitet - vor oder nach der Spülung gemäß Schritt c) zumindest einzelne von grundsätzlich mehreren während desselben Mehrfach-Einspritzzyklusses vorgesehenen Einspritzmengen nicht mehr durchgeführt werden (Sd4).
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Hub der Düsennadel gemäß Schritt c) nur für jeweils einen Zylinder der Brennkraftmaschine (100) und auch nur für wenige Einspritzvorgänge eingestellt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmbare Zeitdauer gesperrt wird, bevor er wieder erneut freigeschaltet wird (Se).
11. Computerprogramm für ein Steuergerät (130) einer Brennkraftmaschine (100) mit Programmcode, der dazu geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10 durchzuführen, wenn er auf einem Computer oder Mikroprozessor abläuft.
12. Computerprogramm nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Programmcode auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.
13. Steuergerät (130) zur Ansteuerung eines Einspritzventils (120) einer Brennkraftmaschine (100), wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass

eine Dosierung der von ihm zugeführten Kraftstoffmenge in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100) durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) möglich ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe  
 5 des Steuergerätes (130) ein offener klemmender Betriebszustand der Düsennadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung der Düse, erkennbar ist und in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsennadel durch das Steuergerät (130)  
 10 einstellbar ist zum Spülen der Düse mit Kraftstoff.

14. Brennkraftmaschine (100) mit einem Einspritzventil (120) zur Kraftstoffeinspritzung, wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass es eine Dosierung der von ihm in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100)  
 15 zugeführten Kraftstoffmenge durch eine Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils (120) ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Brennkraftmaschine (100) ein Steuergerät (130) zugeordnet ist, mit dessen Hilfe ein offener klemmender Betriebszustand der Düsennadel des  
 20 Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, erkennbar ist und mit dessen Hilfe in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsennadel zum  
 Spülen der Düse mit Kraftstoff einstellbar ist.

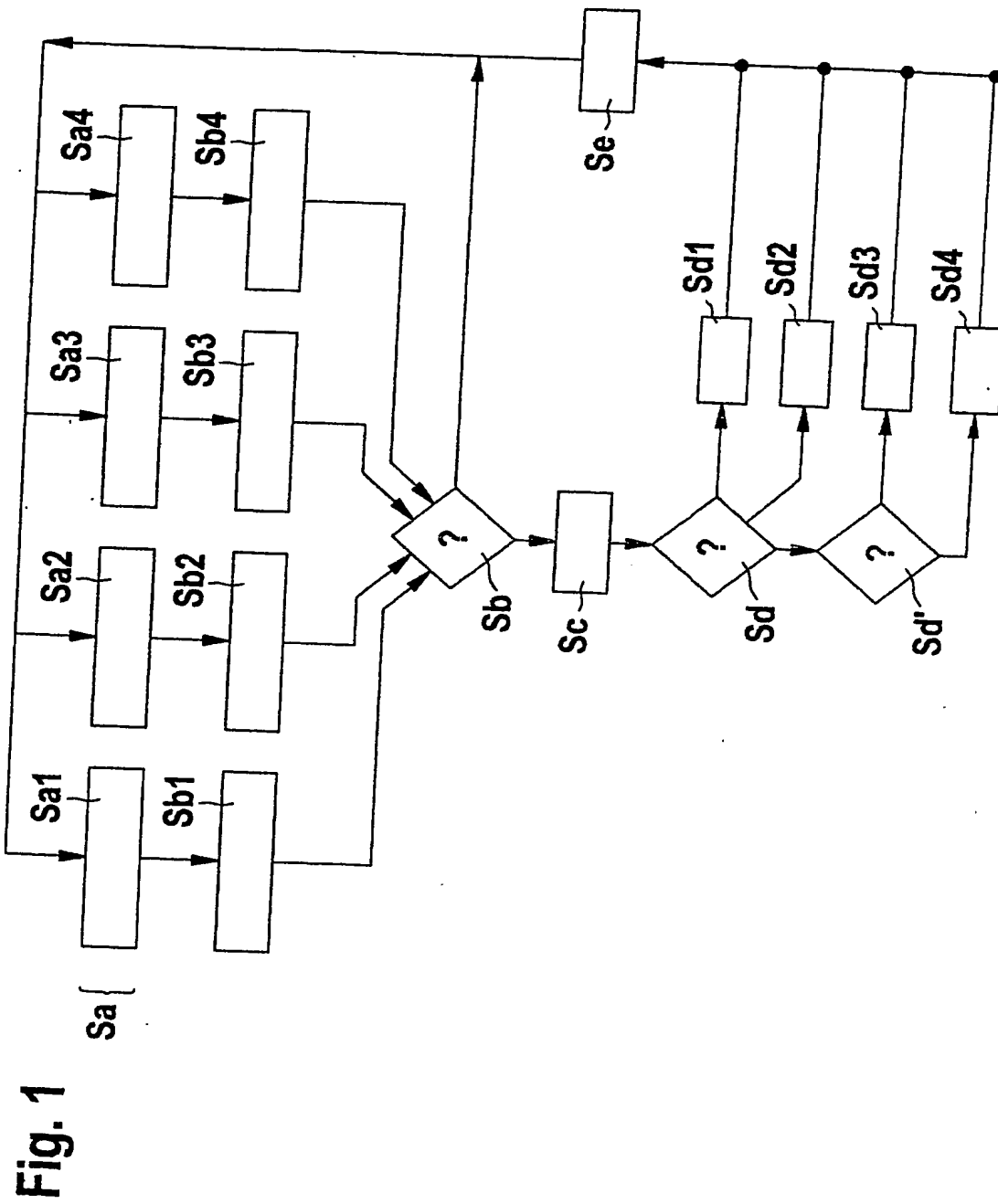


Fig. 2

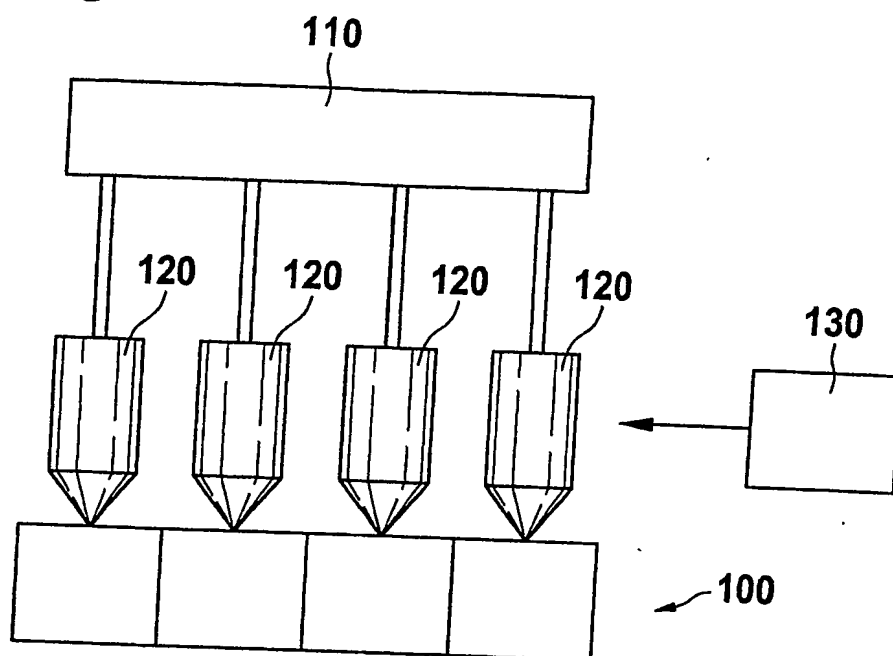
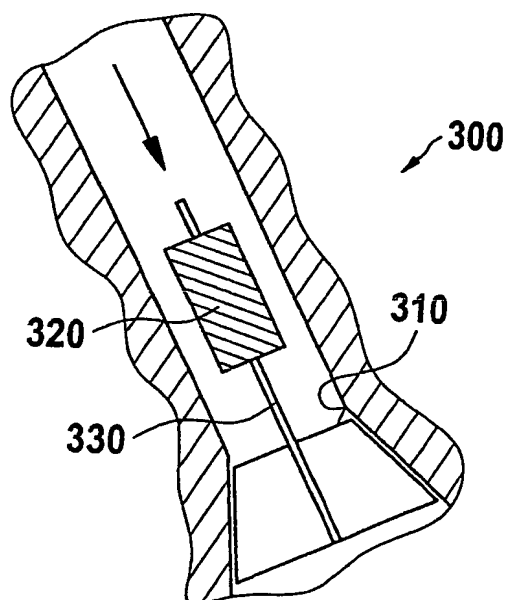


Fig. 3



5

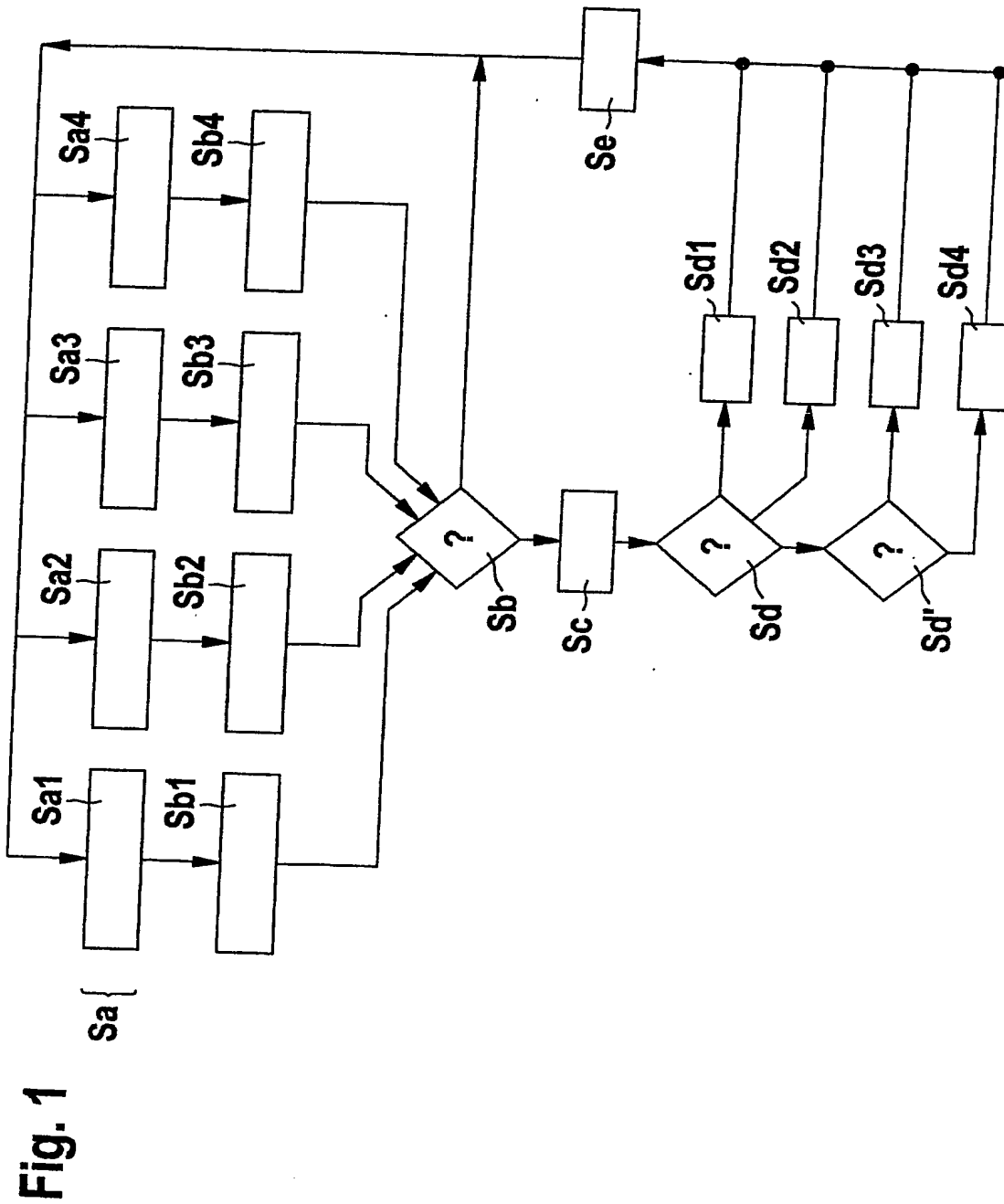
31.01.2003 WKL/GGA  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer  
Brennkraftmaschine

Zusammenfassung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines  
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die  
Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine  
Variation des Hubs der Düsennadel des Einspritzventils  
einstellbar ist. Derartige Verfahren und Einspritzventile  
sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Zur  
Vermeidung der Gefahr eines unvollständigen Schließens  
aufgrund von Verschmutzung (Gefahr eines Benzinschlags) bei  
Betriebszuständen der Brennkraftmaschine, bei denen über  
längere Zeit kein Vollhub der Düsennadel und damit auch  
keine ausreichende Spülung der Düse durchgeführt wird, wird  
erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Spülung der Düse mit  
Kraftstoff dann durchzuführen, wenn ein offen klemmender  
Betriebszustand der Düsennadel erkannt wurde. (Figur 1)





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**